

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JESSE KIRJAVAINEN

Liukoisen kalsiumin poisto talous- vedestä

Uvilan vesilaitoksen veden pehmentäminen

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä(t) Kirjavainen, Jesse	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä kesäkuu 2021
	Sivumäärä 33	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Liukoisen kalsiumin poisto talousvedestä		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
Tiivistelmä <p>Liian kalkkipitoinen vesi aiheuttaa käyttäjille teknisiä ja esteettisiä haittoja. Kovasta vedestä putkistoihin, vesikalusteisiin ja pinnoille saostuva kalsium värjää niitä ja muodostaa tukkeumia. Veden kovuudelle ei ole kuitenkaan määritetty enimmäisarvoa.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää sopiva vedenkäsittelymenetelmä veden pehmenykselle Ulvilan vesilaitokselle. Työssä käytiin läpi veden valmistukseen liittyvää teoriaa ja lainsäädäntöä, ioninvaihtimen, kalvosuodattimen ja kalkkipehmennyksen toimintaperiaatteet, vesianalyysit ja menetelmien vertailu ja suositus.</p> <p>Teoriaosuuksien perusteella kalkkipehmennyksen todettiin olevan muita vaihtoehtoja epäkäytännöllisempi, joten se pudotettiin pois vertailusta. Vertailussa otettiin huomioon laitteiden toimintaperiaatteet ja tarjouspyyntöjen perusteella saadut investointi- ja käyttökustannukset. Vertailun tuloksena todettiin ioninvaihtolaitteiston olevan sekä halvempi hankkia, että halvempi käyttää, joten suositus annettiin siitä.</p>		
Asiasanat Vedenkäsittely, talousvesi, kovuus		

Author(s) Kirjavainen, Jesse	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2021
	Number of pages 33	Language of publication: Finnish
Title of publication Removal of soluble calcium from domestic water		
Degree program Degree programme in energy- and environmental engineering		
Abstract Too much calcium in domestic water causes both technical and esthetical issues for users. Calcium from hard water precipitates into waterpipes, appliances and surfaces clogging them and causing staining. Despite this a maximum value for water hardness has not been set. The purpose of this thesis was to find a suitable method for softening water for Ulvila waterworks. This thesis looked at the theory and legislation of making domestic water, the operating principles of ion exchangers, membrane filters and lime softening, water analysis, the comparison of water softening methods and finally a recommendation. Based on theory and the operating principles of the different methods, lime softening was deemed to be too impractical compared to the others, so it was dropped. The comparison considered the operating principles of the water softening methods, investment costs and operating costs. The costs were formed based on offers received from companies in the field. As a result of the comparison ion exchangers were deemed to be both cheaper to purchase and cheaper to operate, so they were recommended.		
<u>Key words</u> Water treatment, domestic water, hardness		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 TALOUSVEDEN LAATUVAATIMUKSET	6
2.1 Alkaliteetti.....	7
2.2 pH.....	7
2.3 Kovuus	7
2.4 Rauta ja mangaani	9
3 TALOUSVEDEN VALMISTUS POHJAVEDESTÄ.....	10
3.1 Pohjavesi	10
3.2 Raudan ja mangaanin poisto	11
3.3 Alkalointi.....	12
3.4 Desinfiointi.....	12
4 ULVILAN VESILAITOS.....	14
4.1 Veden valmistus	14
4.2 Laadunvalvonta	14
5 KALKINPOISTOMENETELMÄT	15
5.1 Ioninvaihdin	15
5.2 Kalvosuodatus	16
5.3 Kalkkipehmennys.....	17
6 VESIANALYYSIT	18
6.1 Kokonaiskovuus.....	18
6.2 Johtokyky	19
6.3 Rautapitoisuus	19
7 MENETELMIEN VERTAILU JA SUOSITUS	21
7.1 Hankintakustannukset	21
7.2 Käyttökustannukset.....	22
7.3 Vertailu ja suositus.....	22
8 LOPPUTARKASTELU.....	24
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on Ulvilan kunnallisen vesilaitoksen toimeenpanema. Ulvilan vesilaitos on hoitanut alueen vesihuoltoa vuodesta 1958. Nykyinen vedenkäsittelylaitos on ollut toiminnassa vuoden 2000 alusta ja se tuottaa talousvesiasetuksen mukaista vettä. Ulvilan ongelmana on kuitenkin ollut kalsiumista aiheutuva veden kovuus.

Työn tarkoituksena on selvittää mahdollisuuksia pehmentää osa vedenkäsittelylaitoksen tuottamasta talousvedestä siten, että kalkkipitoisen veden haittoja saataisi minimoitua poistamatta kuitenkaan kaikkea kalkista saatavaa hyötyä. Kalkkipitoinen vesi aiheuttaa saostumia putkistoihin ja vesilaitteisiin, tahraa pesutiloja ja heikentää pesuaineiden toimintakykyä, toisaalta kalkki myös suojaa putkistoja muodostamalla niiden pinnalle kerroksen, ja vähentää veden syövyttävyyttä.

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää sopiva menetelmä Ulvilan vedenkäsittelylaitokselle, jolla voidaan pehmentää vettä 1000 m³ vuorokaudessa. Työssä käydään läpi vedenkäsittelymenetelmiä, joilla voidaan poistaa liukoista kalsiumia. Laitteiston mitoitusta varten ja laatuvaatimusten varmistamiseksi suoritetaan vesianalyysi, jolla mitataan veden kovuus, johtokyky ja rautapitoisuus. Sopiva vedenkäsittelymenetelmä valitaan teorian tiedon, investointi- ja käyttökustannusten perusteella.

2 TALOUSVEDEN LAATUVAATIMUKSET

Talousvesi on vettä, joka on tarkoitettu juomavedeksi, ruoan valmistukseen, kotitaloustarkoituksiin, elintarvikkeiden valmistukseen, jalostukseen, säilytykseen tai markkinoille saattamiseen riippumatta mitä kautta vesi toimitetaan. Luonnon kivennäisvesi, lääkinnällisiin tarkoituksiin käytettävä vesi tai pelkästään pyykinpesuun, siivoukseen, peseytymiseen, saniteettitarkoitukseen tai johonkin muuhun vastaavaan tarkoitukseen käytettävä vesi ei ole talousvettä. (Terveydensuojelulaki 763/1994, 5 luku 16 §)

Sosiaali- ja terveysministeriön antamalla asetuksella talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015 saatettiin kansallisesti voimaan Euroopan unionin neuvoston antama juomavesidirektiivi 98/83/EY. Talousvesiasetuksella säädettiin talousveden laatuvaatimuksista, laatutavoitteista, desinfioinnista, talousveden säännöllisestä valvonnasta, menettelyistä jos talousvesi ei täytä laatuvaatimuksia tai -tavoitteita, talousveden terveydelliseen laatuun vaikuttavien riskien arvioinnista ja hallinnasta, talousveden radioaktiivisista aineista aiheutuvan säteilyaltistuksen rajoittamisesta ja häiriötilanteisiin varautumista koskevan suunnitelman sisällöstä ja laatimisesta. (Valvira, 2020a, s. 5–6)

Talousvedessä ei saa olla mitään pieneliöitä, loisia tai aineita sellaisina määrinä, että ne aiheuttavat ihmiselle terveyshaittaa. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015, 4 §) Talousvedessä esiintyvien ihmisille haitallisten aineiden enimmäismäärät on asetettu laatuvaatimuksissa sillä perusteella, että talousveden kohtuullinen käyttö ei aiheuta terveyshaittoja. (Valvira, 2020a, s. 23)

Talousveden on myös oltava käyttötarkoitukseensa sopivaa siten, että se ei aiheuta haitallista syöpymistä tai saostumista vedenjako- ja vesilaitteissa. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015, 4 §) Talousveden laatutavoitteet on esitetty liitteessä 1. Laatutavoitteita ei ole asetettu terveydellisin perustein, vaan ne perustuvat poikkeamista syntyviin tekniisiin tai esteettisiin haittoihin kuten hajuun, makuun, väriin tai sakkaan. (Valvira, 2020a, s. 41) Suomessa ongelmallisimpia talousveden laatutavoitemuuttujia ovat pH,

rauta- ja mangaanipitoisuudet. Talousveden syövyttävyyteen vaikuttaa useampi eri tekijä, pääasiassa pH, alkaliteetti, kovuus ja suolapitoisuus. (Valvira, 2020a, s. 45)

2.1 Alkaliteetti

Alkaliteetti on veden kyky vastustaa haponlisäyksen aiheuttamaa pH-muutosta. Mitä korkeampi veden alkaliteetti, sitä enemmän tarvitaan happoa muuttamaan pH:ta. Vesilaitoksella alkaliteetti johtuu pääasiassa bikarbonaatista, joka on hiilihapon suola. Bikarbonaattia muodostuu hiilidioksidista, kun vettä alkaloidaan. (Valvira, 2020b, s. 46)

Alkaliteetille ei ole asetettu enimmäisarvoa, mutta alle 0,6 mmol/l alkaliteetti voi lisätä verkostokorroosiota ja raudan liukenemistä putkistoista veden pH:n muuttuessa, kun taas suuri alkaliteetti lisää kalkkisaostumia lämminvesilaitteisiin. (Valvira, 2020b, s. 46–47)

2.2 pH

Suomessa pinta- ja pohjavedet ovat yleensä lievästi happamia niiden pH:n ollessa 6–7. Vedenjakelussa käytetyt putkimateriaalit kuten valurauta, sinkitty teräs, kupari, betoni ja asbestisementti syöpyvät happaman veden vaikutuksesta aiheuttaen veden laadun heikkenemistä, ja metallit liukenevat jo pH:n ollessa alle 7,1. Veden korkea pH voi aiheuttaa terveyshaittoja riippuen veden alkaliteetista, veden käyttömäärästä, -tavasta ja käyttäjästä ja myös emäksisyyden aiheuttavasta kemikaalista ja sen pitoisuudesta. Laatutavoitteen mukaan pH tulisi olla 6,5–9,5 välillä, ja pH:n noustessa yli 9,5 tulee vesi asettaa heti käyttökieltoon. Vesi ei kuitenkaan saa olla haitallisesti syövyttävää tai saostuvaa, joka käytännössä rajaa veden pH:n 7,0–8,8 välille. (Valvira, 2020b, s. 32–33)

2.3 Kovuus

Veden kovuus aiheutuu pääasiassa maaperästä liuenneista kalsiumista ja magnesiumista, mutta myös strontium, alumiini, barium, rauta, mangaani ja sinkki voivat

aiheuttaa pieniä määriä kovuutta. Kovuus voidaan jakaa ohimenevään karbonaattikovuuteen ja pysyvään mineraalihappokovuuteen. (Pizzi, 2010, s. 293–294)

Karbonaattikovuus muodostuu pääasiassa kalsiumin ja magnesiumin bikarbonaattisuoloista. Keitettäessä vettä siitä poistuu hiilidioksidi, jolloin kalsiumin ja magnesiumin karbonaattisuolat saostuvat vedestä. Koska karbonaattikovuutta voidaan poistaa keittämällä, kutsutaan sitä ohimeneväksi kovuudeksi. Pysyvä mineraalihappokovuus muodostuu kalsiumin ja magnesiumin sulfaatti, kloridi ja fosfaatti suoloista eikä sitä voi poistaa vedestä keittämällä kuten karbonaattikovuutta. (Pizzi, 2010, s. 295)

Kalsium on ihmiselle tärkeä hivenaine, jonka terveydelle haitalliset pitoisuudet ovat huomattavasti suuremmat kuin sen teknisiä ja esteettisiä haittoja aiheuttavat pitoisuudet. Liian pienet tai liian suuret kalsiumpitoisuudet voivat aiheuttaa talousveden reagoimisen vesiputkien kanssa aiheuttaen veden laatuvirheitä. Veden kalsiumpitoisuuden ollessa noin 0,7 mmol/l, veden korroosio on vähäistä, jos myös kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat vähäisiä. (Valvira, 2020b, s. 47–48)

Magnesium on myös ihmiselle välttämätön hivenaine, joka aiheuttaa korkeina pitoisuuksina makuhaittoja ja saostumia ja merkittävän suurina pitoisuuksina terveyshaittoja. Suomessa vesien magnesiumipitoisuudet ovat yleensä alhaiset. (Valvira, 2020b, s. 50–51)

Veden kovuus voidaan ilmoittaa millimooleina per litra (mmol/l) tai saksalaisella kovuusasteikolla siten että 1 mmol/l = 5,6 °dH. Taulukossa 1 on ilmoitettu veden kovuuden raja-arvot. (Valvira, 2020b, s. 49)

Taulukko 1. Veden kovuuden luokittelu. (Valvira, 2020b, s. 49)

Kovuus	mmol/l	°dH
Hyvin pehmeä	< 0,5	< 2,8
Pehmeä	0,5-1,0	2,8-5,6
Keskikova	1,0-2,0	5,6-11,2
Kova	2,0-4,0	11,2-22,5
Hyvin kova	> 4,0	> 22,5

Vaikka kovuus vaikuttaa merkittävästi veden laatuun, ei sille ole asetettu tavoitearvoja. (Ahonen ym., 2008, s. 126–127)

2.4 Rauta ja mangaani

Huomattavien esteettisten haittojen takia raudan ja mangaanin pitoisuudet halutaan pitää pieninä. Rauta ja mangaani värjäävät vettä, vesilaitteita, pintoja ja kankaita punertavaksi, ruskeaksi tai mustaksi, stimuloivat mikro-organismien kasvua, kertyvät putkistoihin ja laitteisiin ja aiheuttavat kitkerää makua. (Spellman, 2020, s. 445)

Koska rauta ei ole terveydelle haitallista, sille ei ole asetettu juoma- ja talousveden laatuvaatimuksissa terveysperusteista raja-arvoa. Vaikka mangaanin on todettu olevan haitallista lapsille yli 100 µg/l pitoisuuksina, ei sille ole asetettu terveysperusteista raja-arvoa. Vesilaitosten jakamalle vedelle on olemassa kuitenkin veden esteettisyyteen perustuvat laatutavoitteet, joita ei varsinkaan mangaanin kohdalla tulisi ylittää. Laatutavoitteet ovat raudalle 200 µg/l ja mangaanille 50 µg/l. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2020)

3 TALOUSVEDEN VALMISTUS POHJAVEDESTÄ

Talousvettä valmistetaan joko pinta-, pohja- tai tekopohjavedestä. Veden alkuperä ja laatu määrittelee vaadittavan puhdistusprosessin. Lainsäädännön mukaan pintavedestä, eli järvi-, joki- tai rannikkovedestä, saatu raakavesi on aina desinfioitava, kun taas hyvälaatuista pohjavettä ei ole tarpeen desinfioida. Noin 60 % suurien vesilaitosten talousvesistä valmistetaan pohja- tai tekopohjavedestä ja myös Ulvilan vedenkäsittelylaitos käyttää pohjavettä. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2021)

3.1 Pohjavesi

Pohjavettä on kaikki maanpinnan alainen vesi, joka kyllästää maa- ja kallioperän avoimet tilat. Pohjavettä on lähes kaikkialla, mutta parhaiten sitä esiintyy maaperässä, joka koostuu huokoisesta, hyvin vettä läpäisevästä sorasta tai hiekasta. (Suomen ympäristökeskus, 2019a)

Pohjavettä muodostuu, kun sade-, sulamis- tai pintavedet imeytyvät maakerrosten läpi ja asettuvat vettä huonosti läpäisevien kerrosten päälle. Maalaji vaikuttaa suuresti pohjaveden muodostumaan; 30–60 % sadannasta imeytyy pohjavedeksi hiekka- ja sora-alueilla, kun taas moreenimailla suotautuminen voi olla alhaisimmillaan vain 10 %. Savi- ja kallioalueilla sade- ja sulamisvedet menevät pääasiassa ojien kautta vesistöihin. (Suomen ympäristökeskus, 2019a)

Pohjaveden pinta on yleensä 2–5 metrin syvyydessä, mutta se voi olla jopa 50 metrissä. Pinnalla tarkoitetaan rajaa, jonka alapuolella kaikki huokoinen tila on täynnä vettä. Pohjaveden pinta vaihtelee runsaasti eri osissa maata vuodenaikojen ja sademäärän mukaan. Talvella sade tulee lumena ja routa estää veden imeytymisen, kun taas kesällä kasvillisuus käyttää maaperän kosteutta, ja vettä haihtuu runsaasti. Keväällä puolestaan lumien sulaminen ja syksyllä sadanta täydentävät pohjavesivarantoja. Pohjaveden määrään vaikuttaa myös kuivuus tai runsas sadanta, maaperän muokkaus tai muutokset kasvipeitteessä esimerkiksi metsähakkuun yhteydessä. Mikäli pohjavesivarannot eivät riitä yhdyskunnan tarpeisiin voidaan sitä luoda keinotekoisesti imeyttämällä käsiteltyä

pintavettä maakerrosten läpi, näin saadaan kasvatettua pohjavesivarantoja tekopohjavedellä. (Suomen ympäristökeskus, 2019a)

Koska puhtaassa maaperässä esiintyvä pohjavesi on yleensä tasa- ja hyvälaatuista, sen käsittelytarve on vähäinen. Pohjavedessä voi kuitenkin esiintyä kohonneita rauta- ja mangaanipitoisuuksia, alhaista pH:ta tai haitallisia alkuainepitoisuuksia. Tämän vuoksi myös pohjavettä käsitellään ennen käyttöönottoa. (Suomen ympäristökeskus, 2019b)

3.2 Raudan ja mangaanin poisto

Maaperästä veteen liuennutta rautaa ja mangaania voidaan poistaa esimerkiksi saostamalla tai hapettamalla, ja suodattamalla.

Nostamalla veden pH 10–11 välille saadaan osa raudasta ja mangaanista saostumaan. Tällöin osa sakasta laskeutuu itsestään altaan pohjalle ja loput saadaan eroteltua suodattamalla. Saostamisen jälkeen veden pH pitää kuitenkin taas laskea sopivalle tasolle, jotta sitä voidaan käyttää jakelussa. (Spellman, 2020, s. 445)

Saostamista yleisemmin rautaa ja mangaania poistetaan hapettamalla ilmalla, kloorilla tai kaliumpermanganaatilla. Hapetettaessa 2-arvoinen vesiliukoinen rauta muuttuu 3-arvoiseksi liukenemattomaksi raudaksi, ja 2-arvoinen liukoinen mangaani 4-arvoiseksi liukenemattomaksi mangaaniksi. Rauta ja mangaani saostuvat täten rauta(III)hydroksidina ja mangaanidioksidina. (Spellman, 2020, s. 468)

Käytettäessä ilmaa hapettimena, tulee sen päästä kontaktiin veden kanssa mahdollisimman paljon, jotta hapetus tapahtuu tehokkaasti. Tehokas kontakti voidaan saavuttaa esimerkiksi suihkuttamalla ilmaa veteen ilmastustorneissa. Kloori on suosittu hapetin koska moni laitos käyttää klooria jo valmiiksi desinfioinnissa. Kloori kuitenkin reagoi vedessä veden orgaanisten aineiden kanssa muodostaen terveydelle haitallisia trihalometaaneeja. Kaliumpermanganaatti on erittäin vahva hapetin, joka tuottaa hapetusreaktion aikana mangaanidioksidia. Mangaanidioksidi sitoo itseensä liuenneita mangaani-ioneja, poistaen lähes kaiken mangaanin vedestä. Kun hapetusreaktio on kulunut

loppuun, syntyvät hapetustuotteet voidaan poistaa vedestä saostamalla tai suodattamalla. (Spellman, 2020 s. 445)

3.3 Alkalointi

Suomessa pohjavesi on usein hieman hapanta, jonka takia alkalointia käytetään lähes kaikilla vesilaitoksilla. Alkaloinnilla alennetaan veden happamuutta nostamalla pH-arvoa ja veden puskurikapasiteettia, eli kykyä vastustaa pH-muutoksia, sitomalla vedessä oleva vapaa hiilidioksidi. Alkaloinnilla pyritään säätämään veden pH kovuuden mukaan 7,5–8,5 välille, jottei vesi aiheuta haitallista syöpymistä tai kalkin saostumista putkistoissa tai lämminvesijärjestelmissä. (Isomäki ym., 2006, s. 35)

Alkalointi voidaan toteuttaa joko alkalointikemikaaleilla tai alkalioivilla massoilla. Kemikaaleina voidaan käyttää lipeää (natriumhydroksidi), soodaa (natriumkarbonaatti) tai sammutettua kalkkia (kalsiumhydroksidi). Alkalioivia massoja puolestaan on kalkkikivi (kalsiumkarbonaatti) ja dolomiitti (kalsium- ja magnesiumkarbonaatti). Alkalioivat massat ovat helpompi ja turvallisempi tapa alkaloida, kemikaalit ovat herkkiä annostuksen suhteen ja esimerkiksi lipeän ja soodan yliannostus ovat terveydelle vaarallisia. Alkaloinnissa käytettävät kalsiumpitoiset aineet lisäävät myös veden kovuutta. (Isomäki ym., 2006, s. 35–36)

3.4 Desinfiointi

Desinfioinnilla pyritään tuhoamaan vedestä kaikki mahdolliset taudinaiheuttajat. Desinfiointi toteutetaan yleisimmin klooripitoisella kemikaalilla kuten natriumhypokloriitilla, tai ultraviolettisäteilyllä. (Spellman, 2020, s. 461) Kloorin suurin etu on sen veden jäävien jäännösten antama mikrobiologinen suoja vedenjakeluverkostossa. (Spellman, 2020, s. 475)

Desinfioimalla UV-säteilyllä vesi virtaa kammion läpi, jossa on yksi tai useampia UV-lamppuja. UV-desinfiointi on tehokas ja turvallinen tapa desinfioida, mutta se ei anna pysyvää suojaa vedenjakeluverkkoon. Jotta desinfiointi tapahtuu tehokkaasti, on

UV-järjestelmää puhdistettava ja lamput vaihdettava säännöllisesti. (Isomäki ym., 2006, s. 33)

4 ULVILAN VESILAITOS

Ulvilan vedenkäsittelylaitos rakennettiin vuoden 1999 aikana, ja se otettiin käyttöön vuoden 2000 alussa. Laitoksen rakentaminen perustui vuonna 1998 tehtyihin pohjaveden käsittelykokeisiin, ja näiden perusteella päädyttiin Dynasand-tekniikalla toimivaan rautaa ja mangaania poistavaan laitokseen. Laitos oli ensimmäinen tämän tyyppinen laitos Suomessa. Uudella laitoksella haluttiin hyödyntää Ulvilan alueen omat pohjavedet, ja taata kiristyvät EU:n juomavesidirektiivien laatuvaatimukset. (Ulvilan kaupunki, n.d.a)

4.1 Veden valmistus

Pohjavesi pumpataan neljältä eri vedenottamolta, joissa on yhdeksän kaivoa. Vedenottamat sijaitsevat Ravanissa, Haistilassa ja Anolassa. Laitoksen prosessi perustuu kemialliseen jatkuvatoimiseen hiekkasuodatukseen. Laitokselle saapuvaan veteen lisätään kaliumpermanganaattia, ferrisulfaattia ja natriumhydroksidia, jonka jälkeen vesi selkeytetään kahdessa flotaatio/ilmastussäiliössä ja johdetaan viiteen Dynasand-hiekkasuodattimeen. Suodattimien erottama sakka käsitellään lamelliselkeyttimessä josta ylite johdetaan takaisin suodattimille ja liete viemäriin. Suodattimien puhdistama vesi kloorataan natriumhypokloriitilla ja sen pH säädetään natriumhydroksidilla, jonka jälkeen vesi kulkee alavesisäiliön kautta kuluttajille. (Valtonen, 2021)

4.2 Laadunvalvonta

Talousveden laadun valvontaa varten on tehty 22.11.2016 valvontatutkimusohjelma noudattaen sosiaali- ja terveysministeriön asetusta 1352/2015 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Valvontatutkimusohjelma on tiheämpi kuin on määrätty, koska valvontatutkimusohjelmaa käytetään myös laitoksen käyttötarkkailuohjelmana. Ohjelman määräämiä tutkimuksia tehdään pohjavesikaivoista, laitokselle tulevasta vedestä, laitokselta lähtevästä vedestä ja vaihtuvista kulutusposteista Ulvilassa, Harjunpäässä ja Kaasmarkussa. (Ulvilan kaupunki, n.d.b)

5 KALKINPOISTOMENETELMÄT

Veden kovuutta voidaan vähentää kolmella yleisellä menetelmällä, ioninvaihtimilla, kalvosuodattimella tai kalkkipehmennyksellä.

5.1 Ioninvaihdin

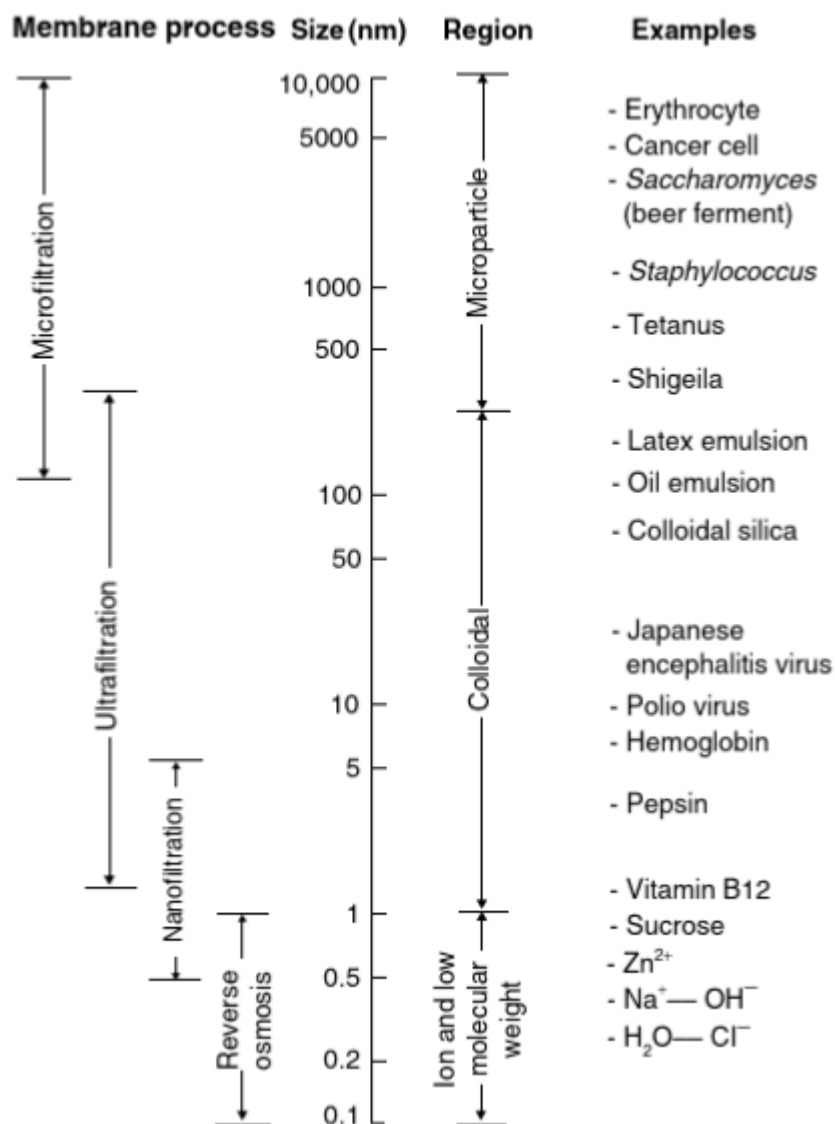
Ioninvaihdin on yleisimmin käytetty vedenpehmennin, jolla voidaan poistaa myös rautaa ja mangaania. Pehmennyksessä ioninvaihtimessa natriumioneilla ladatun hartsin läpi juoksetetaan vettä, jolloin hartsi vaihtaa natriumioninsa vedessä oleviin kalsium-, rauta- ja mangaani-ioneihin. Seurauksena lähes kaikki veden kovuus jää hartsiin, jolloin myös veden syövyttävyyden nousee. Syövyttävyyden takia ioninvaihtimilla yleensä puhdistetaan vain osa vedestä ja puhdistettu vesi sekoitetaan puhdistamattomaan niin, että kokonaiskovuus saadaan halutulle tasolle. (Spellman, 2020, s. 446–447)

Vaihdossa käytetty hartsi menettää latauksensa käytössä, jolloin se täytyy välillä regeneroida. Regeneroinnin ensimmäisenä vaiheena hartsisuodatin huuhdellaan juoksettamalla vettä myötä- tai vastavirtaan suodattimen läpi, joka irrottaa likaa ja hävittää ilmataskuja. Pesun jälkeen suodattimeen ajetaan regeneranttia, joka korvaa hartsin muut ionit puhdistuksessa käytettävillä ioneilla. Regeneroinnin jälkeen järjestelmä huuhdellaan vedellä, jätevedet poistetaan ja järjestelmä voidaan ottaa uudelleen käyttöön. Järjestelmää mitoittaessa on otettava huomioon, että regeneroinnin jälkeen vain noin 60–80 % hartsin ioninvaihtokapasiteetista saadaan palautettua. Hartsiin jää aina vähän puhdistettuja ioneja, jotka voivat huuhtoutua veteen. (Purolite, n.d.)

Ioninvaihtimessa voidaan käyttää useita erityyppisiä hartseja riippuen siitä, mitä halutaan poistaa. Pehmennysprosessissa käytetään SAC – tyyppistä hartsia, joka ladataan natriumioneilla eli suolalla. (SAMCO, 2017)

5.2 Kalvosuodatus

Kalvosuodattimessa syöttövirta ajetaan kalvojärjestelmän läpi. Järjestelmässä oleva puoliläpäisevä kalvo yhdessä luodun paineen avulla jakaa syöttövirran kalvon läpäiseväksi permeaatiksi ja kalvon läpäisemättömäksi retentaatiksi. Kalvon erityisominaisuudet määräävät mitä kaikkea se suodattaa. (Alfa Laval, n.d.) Kuvassa 1 on esitetty kalvojen luokitteluita ja annettu esimerkkejä niiden suodatuskyvystä.



Kuva 1. Kalvojen luokittelu. (Pizzi, 2010, s. 2)

Nanosuodatuksen yleisin käyttökohde on veden pehmennyksessä, ja sen toiminta perustuu käänteisosmoosiin. (Singh, 2014, s. 33–34) Käytettäessä puoliläpäisevää kalvoa erottamaan puhdas vesi ionipitoisesta liuksesta, osmoosin seurauksena puhdas vesi siirtyy kalvon läpi, kunnes osmoottinen paine kasvaa ionipitoisen liuksen puolella ja

tasapainotila on saavutettu. Jos ionipitoisen liuoksen puolelle saatetaan osmoottista painetta suurempi paine, liuksesta virtaa vettä kalvon läpi vastavirtaan. Reaktiota kutsutaan käänteisosmoosiksi. (Singh, 2014, s. 28) Pehmennettäessä vettä nanosuodatuksella voidaan syöttövedestä poistaa jopa 99 % kovuutta aiheuttavista kaksiarvoisista ioneista. Kalvosuodatus on jatkuvatoiminen prosessi, joka ei tuota kemikaalipitoista jätevettä. (Singh, 2014, s. 93)

Syöttövedessä oleva kiintoaines, biopolymeerit, humus ja metallit voivat tukkia kalvoja, joka pienentää kalvojen pesuväliä ja heikentää tehoa. Kalvojen käyttöikä on noin 5 vuotta. Kuten ioninvaihto myös kalvosuodatus laskee veden pH-arvoa. (Hämäläinen ym., 2018, s. 48–49)

Tyypillinen nanosuodatusjärjestelmä on yleensä 3–7 spiraalikierrettyä kalvoelementtiä järjestettynä sarjaan kytkettyihin painesäiliöihin. Sarjaan kytkettyjen säiliöiden re-tentaatti on aina seuraavan säiliön syöte, ja jokaisen säiliön permeaatti yhdistetään lopulliseksi tuotevirraksi ja viimeisen säiliön konsentraatti menee jätteeksi. (Hämäläinen ym., 2018, s. 49)

5.3 Kalkkipehmenys

Suurin osa kovuudesta aiheutuu kalsiumin ja magnesiumin bikarbonaattisuoloista. Lisäämällä kalkkia veteen sen karbonaattitasapaino muuttuu, ja pH nousee 9–9,5 välille. Kalsiumin bikarbonaattisuolat muuttuvat vähäliukoisiksi karbonaattisuoloiksi ja saostuvat pois. Jos vedessä ei ole riittävästi bikarbonaatteja voidaan lisätä myös natriumkarbonaattia eli soodaa. Magnesiumin saostamiseen ylimääräistä kalkkia lisätään, kunnes pH on yli 10,5, jolloin magnesiumhydroksidi saostuu vedestä. Pehmennettäessä kalkilla syntyy suuri määrä lietettä, jonka hävittäminen voi olla kallista. (Spellman, 2020, s. 488)

Pehmennetyt veden pH on noin 11 ja se sisältää paljon kalsiumkarbonaattia. Jotta kalsiumkarbonaatti ei saostu putkistoihin, tulee vesi stabiloida hiilidioksidilla. Hiilidioksidi muodostaa jälleen hyvin liukenevaa kalsiumbikarbonaattia palauttaen pienen osan poistettua kovuutta, ja veden pH laskee hieman. (Pizzi, 2010, s. 301–302)

6 VESIÄNALYYSIT

Laitteiston mitoitusta varten työssä mitattiin Ulvilan vesilaitokselta lähtevän veden kokonaiskovuus, johtokyky ja rautapitoisuus. Saatuja tuloksia verrattiin Porin vesijohtoveteen sekä Ulvilan vesilaitoksen lähtevän veden että Harjakankaan tekopohjavesilaitoksen verkostoveden ilmoitettuihin arvoihin, näin varmistettiin mittausten luotettavuus. Vesinäytteet otettiin kylmän veden juoksutuksen jälkeen Ulvilan vesilaitoksen lähtevän veden näytteenottopisteeltä ja Satakunnan Ammattikorkeakoulun laboratoriossa sijaitsevasta vesipisteestä.

6.1 Kokonaiskovuus

Veden kokonaiskovuus saatiin standardin SFS-3003 mukaan tehdyllä kompleksometrisellä titrauksella. pH ollessa noin 10, indikaattorina käytetty eriokromimusta T sitoutuu veden kalsium- ja magnesiumionien kanssa punaisen sävyiseksi kompleksiyhdisteiksi. Titrauksessa käytetty EDTA (etyleenidiamiinitetraetikkahapon dinatriumsuola) muodostaa kalsium- ja magnesiumionien kanssa värittömiä kompleksiyhdisteitä, vapauttaen indikaattorin, jolloin liuoksen väri muuttuu siniseksi. Kokonaiskovuus lasketaan EDTA-liuoksen kulutuksen perusteella kaavalla 1. (SFS 3003, 1987, s. 1–3)

x = kalsiumin ja magnesiumin summa, mmol/l

c = EDTA-liuoksen konsentraatio, mol/l

V_1 = titraukseen kuluneen EDTA-liuoksen tilavuus, ml

V = näytteen tilavuus, ml

1000 = muuntokerroin, mmol/mol

$$X = (1000 \cdot c \cdot V_1) / V \quad (1)$$

Työn alussa tarkistettiin EDTA-liuoksen konsentraatio titraamalla CaCl_2 -liuosta, EDTA-liuoksen konsentraatio oli hieman haluttua alempi, 0,048 mol/l. Kovuusmitauksista saadut tulokset (Taulukko 2) ovat verrattavissa Ulvilan vesilaitoksen ilmoittamaan 1,2–1,4 mmol/l (Ulvilan kaupunki, n.d.b) ja Porin Veden vuoden 2019 toimintakertomuksessa ilmoitettuun vesijohtoveden 0,65 mmol/l keskiarvoon (Liite 2).

Taulukko 2. Kokonaiskovuus.

Näyte	EDTA-kulutus, ml	Kovuus, mmol/l	Kovuus, °dH
Ulvila 1	2,9	1,39	7.8
Ulvila 2	3.0	1,44	8.0
Ulvila 3	3.0	1,44	8.0
Pori 1	1,5	0,72	4.0
Pori 2	1,4	0,67	3.7
Pori 3	1.4	0,67	3.7

6.2 Johtokyky

Johtokyky mittauksella varmistettiin kovuusmittausten luotettavuus. Veden johtokyky muodostuu siihen liuenneista suoloista, joten johtokyvyn tulisi korreloida veden kovuuden kanssa.

Taulukon 3 tuloksista huomataan, että johtokyky on suurempi kovemmassa vedessä. Testausselostoiden mukaan Ulvilan veden johtokyky on noin 397 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Liite 2) ja Porin noin 167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Liite 3). Ulvilan veden johtokyky on hieman korkea, mutta silti selvästi alle liitteessä 1 ilmoitetun 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ suosituksen.

Taulukko 3. Johtokyky mittaus.

Näyte	Johtokyky, $\mu\text{S}/\text{cm}$
Ulvila	440
Pori	163
Ionivaihdettu vesi	1

6.3 Rautapitoisuus

Veden rautapitoisuus mitattiin atomiabsorptiospektrometrillä (FAAS). FAAS höyrystää näytteen kuumassa liekissä. Näytteeseen suunnataan tutkittavalle alkuaineelle ominaista, saman alkuaineen lähettämää valoa, jota höyrystetty näyte absorboi. Valon voimakkuuden pieneneminen on verrannollinen tutkittavan alkuaineen määrään. (Opetushallitus, n.d.)

Laite kalibroitiin ionivaihdetulla vedellä ja 1 mg/l, 2 mg/l, 5 mg/l ja 10 mg/l standardiliuoksilla. Kumpikin näyte analysoitiin viidesti tarkan keskiarvon saavuttamiseksi. Taulukosta 4 nähdään, että Ulvilan lähtevän veden rautapitoisuuden keskiarvo 87 µg/l on ilmoitettujen pitoisuuksien alueella (Liite 2). Porin vesijohtoveden keskiarvo 71 µg/l on käyttötarkkailussa mitattua keskiarvoa huomattavasti korkeampi (Liite 3), mutta ero voi johtua paikallisesta verkostosta.

Taulukko 4. Rautapitoisuus.

Näyte	Rautapitoisuus, µg/l
Ulvila 1	86
Ulvila 2	72
Ulvila 3	92
Ulvila 4	90
Ulvila 5	94
Pori 1	65
Pori 2	65
Pori 3	69
Pori 4	71
Pori 5	85

7 MENETELMIEN VERTAILU JA SUOSITUS

Tässä kappaleessa vertaillaan menetelmien ominaisuuksia ja soveltuvuutta käytettäväksi veden pehmennykseen Ulvilan vedenkäsittelylaitoksella. Vertailussa huomioidaan hankinta- ja käyttökustannukset ja laitteiden erityiset piirteet. Koska kalkkipehmenys vaatii paljon säilytystilaa vieviä kemikaaleja, ja tuottaa runsaasti lietettä, jonka hävittäminen voi olla ongelmallista, jätetään se vertailun ulkopuolelle. Tässä tapauksessa muut vaihtoehdot ovat kalkkipehmenystä helppokäyttöisempiä ja paremmin soveltuvia menetelmiä veden pehmentämiseen.

7.1 Hankintakustannukset

Laitteiden hankintakustannuksia selvitettiin jättämällä tarjouspyyntöjä alan yrityksille. Tarjouspyynnöissä tavoitteena oli puhdistaa 1000 m³ vettä vuorokaudessa eli noin 42 m³ tunnissa.

Ioninvaihtolaitteiston hinta seuraa halutun laitteen puhdistuskapasiteettia ja ominaisuuksia kuten jatkuvatoimisuutta. Tarjottujen työssä mitoitettun kapasiteetin omaavien ioninvaihtolaitteistojen hinnat olivat noin 35–45 000 € (Alv. 0 %), pienentämällä laitteen kapasiteettia myös kaikki muut parametrit kuten hinta, koko ja käyttökustannukset laskevat.

Tarjottu nanosuodatuslaitteisto esisuodattimilla, kalkkiintumisenestoainesyötöllä ja kiertopesuysiköllä maksaa noin 90 000 € (ALV. 0 %).

Laitteiden hintojen lisäksi myös toimitus- ja asennuskustannukset ja käyttökoulutus lasketaan hankintakustannuksiin. Yhdessä tarjouksessa sekä ioninvaihtimen että nanosuodattimen toimitus ja käyttöönotto prosessi- ja automaatioasiantuntijan toimesta kustantaisi noin 3000 €.

7.2 Käyttökustannukset

Ioninvaihtolaitteiston käyttökustannukset syntyvät suolan-, veden- ja sähkönkulutuksesta ja hartsien vaihdosta. Yksi tarjotuista ioninvaihtolaitteistoista kuluttaa 45 m³/h kapasiteetilla noin 160 kg suolaa 615 m³ vesimäärän puhdistamiseen, joten regenerointi tapahtuu noin 15 tunnin välein. Suolan kilohinnaksi luvattiin noin 0,36 €/kg, joten vuodessa suolaan kuluisi noin 13 000 €. Lisäksi vettä kuluu noin 7 m³ per regenerointi eli noin 1600 m³ vuodessa. Laitteisto kuluttaa sähköä vain pumppaukseen, joten sen vaikutus laitoksen kokonaiskulutukseen on pieni. Hartsien vaihtoväliin vaikuttaa veden laatu ja kulutus. Koska ioninvaihtolaitteiston regenerointi muodostaa huomattavasti kuluja, kannattaa panostaa laitteistoon, jonka regenerointi olisi mahdollisimman tehokasta.

Kuten laitteiden hinnassa, myös niiden käyttökustannuksissa on suuret erot. Nanosuodatuslaitteiston kustannukset muodostuvat pääasiassa veden- ja sähkönkulutuksesta. Tarjouksessa arvioitiin vettä kuluvan noin 250 m³ vuorokaudessa tai 91 250 m³ vuodessa ja sähköä noin 400 kW vuorokaudessa tai noin 146 MW vuodessa. Jos sähkön hinnaksi oletetaan esimerkiksi 0,07 €/kWh, tekisi se vuodessa 10 220 €. Vedenkulutus muodostuu pääasiassa suodatuslaitteiston tuottamasta konsentraatista, joka sisältää merkittävän määrän kovuutta ja muita permeaatista poistettuja aineita, joten sen hävittäminen voi vaatia jatkokäsittelyä.

7.3 Vertailu ja suositus

Ioninvaihto on vakiintunut ja varmatoiminen menetelmä veden pehmentämiseen, eikä sen investointi- tai käyttökustannukset ole erityisen korkeat. Suurimpana ongelmana on järjestelmän vaatima varastotila ja ylläpito suolankulutuksen suhteen. Reilu 300 kg suolaa vuorokaudessa on melko paljon, ja suolaa täytyisi myös varastoida huomattava määrä.

Nanosuodatuslaitteiston suurin etu on sen huoltovapaus. Järjestelmä ei vaadi suurta suolasäiliötä tai paljon varastotilaa, mutta sen hankinta- ja käyttökustannukset ovat huomattavasti ioninvaihtolaitteistoa suuremmat. Varsinkin reilu 90 000 m³ vuotuinen vedenkulutus on merkittävä ero ioninvaihtimeen. Myös sähkön hinta saattaa olla

laskennassa käytettyä suurempi, joten se todennäköisesti nostaa käyttökustannuksia entisestään.

Molemmat menetelmät ovat tehokkaita veden pehmentämiseen, mutta suositus on melko helppo tehdä jo pelkästään kustannusten perusteella. Ioninvaihtolaitteisto on halvempi hankkia ja käyttää, joten se on näistä kahdesta menetelmästä parempi. Yksi suuri rajoittava tekijä, jota työssä ei ole otettu huomioon on myös yksi ratkaisevimmista. Tila johon laitteet tulisi asentaa on rajattu, ja myös suolan varastointi vaatii suunnittelua.

Ioninvaihtimista tuli kaksi tarjousta. Tarjous 1 on liitteessä 4 ja Tarjous 2 liitteissä 5 ja 6. Liitteessä 5 on vielä tarkemmin tietoja tarjotusta ioninvaihtimesta. Oma suositukseni on liitteessä 4 oleva tarjous 1. Yrityksen laitteet ovat aina asiakasräätälöityjä, joten niissä on mahdollista ottaa huomioon erityistoiveita. Yritys valmistaa myös laitteet itse Suomessa, joten laitteiston tuki on lähellä ja helposti saatavilla.

8 LOPPUTARKASTELU

Työn tavoitteena oli selvittää menetelmiä liukoisen kalsiumin poistamiseen vedestä Ulvilan vedenkäsittelylaitoksella. Vertailuun otettiin kolme yleisesti veden pehmentämiseen käytössä olevaa menetelmää, ioninvaihto, kalvosuodatus ja kalkkipehmenys. Vertailun helpottamiseksi todettiin kalkkipehmenyksen olevan muihin menetelmiin verrattuna ongelmallinen vaihtoehto, joten se pudotettiin pois. Vertailua varten käytiin läpi ioninvaihtimen ja nanosuodattimen toimintaperiaatteet ja laitteistojen hankinta- ja käyttökustannukset. Kustannuksia selvitettiin jättämällä tarjouspyyntöjä alan yrityksille. Tarjouspyyntö muodostettiin työssä määritellystä 42 m³/h puhdistuskapasiteetista ja vesianalyysien tuloksista. Pyyntöjä lähetettiin viidelle yritykselle ja tarjouksia tuli kahdesta ioninvaihtolaitteistosta ja yhdestä nanosuodatinlaitteistosta. Tarjousten perusteella parhaaksi menetelmäksi valikoitui ioninvaihto.

Vesianalyysit suoritettiin Satakunnan ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Analyysien tuloksia verrattiin Ulvilan veden testausselesteeseen ja Harjakankaan tekopohjavesilaitoksen käyttötarkkailuun. Sekä testausseleste, että käyttötarkkailu olivat vuodelta 2019, mutta analyysien tulokset olivat silti vertailukelpoisia ilmoitettuihin arvoihin. Analyyseissä epätarkkuutta aiheutti varsinkin kovuuden mittaamiseksi tehdyissä titrauksissa silmämääräisesti havainnoitu veden värin muutos, ja rautapitoisuuden mittauksessa jossain määrin atomiabsorptiospektrometrissä käytetyt standardiliuokset. Vertailukelpoisuuden vuoksi voidaan kuitenkin todeta tulosten olevan tarkkoja ja luotettavia. Tulosten perusteella Ulvilan laitokselta lähtevä vesi on teknisesti ilmoitetun kaltaista. Ulvilan ja Porin veden samankaltainen rautapitoisuus selittyy todennäköisimmin vesijohtoverkostolla. Ulvilan vesinäytteet otettiin suoraan vesilaitokselta, joten paikallinen verkosto ei ollut vaikuttanut niihin kuten Porin vesinäytteissä.

Työn hyödyllisyyteen vaikuttaa vähäinen tarjousten määrä. Saaduista tarjouksista saa kuitenkin riittävän hyvän kuvan laitteistojen investointi- ja käyttökustannusten arviointiin. Laitteita hankkiessa kustannusten lisäksi täytyy myös ottaa huomioon tila johon laitteistot tulisi asentaa. Tilaa ei huomioitu työssä, mutta se voi osoittautua ongelmaksi ioninvaihtolaitteiston vaatiman suolasäiliön ja suolan varastoinnin kannalta.

LÄHTEET

Ahonen, M.H., Kaunisto, T., Mäkinen, R., Hatakka, T., Vesterbacka, P., Zacheus, O. & Keinänen-Toivola, M. M. (2008). Suomalaisen talousveden laatu raakavedestä kulluttajan hanaan vuosina 1999–2007. Vesi-instituutin julkaisuja 4. Vesi-instituutti/Prizztech.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014120247076>

Alfa Laval. (n.d.) Mitä on kalvosuodatus? Haettu 5.4.2021 osoitteesta

<https://www.alfalaval.fi/tuotteet-ja-jarjestelmat/erotustekniikka/kalvot/what-is-membrane-filtration/>

Hämäläinen, A., Moilanen, M., Hokajärvi, A.-M., Pitkänen, T., Meriläinen, P. & Miettinen, I. T. (2018). Juomavesien epäpuhtauksien poistotekniikat talous- ja jätevesilaitoksilla. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-343-260-4>

Isomäki, E., Valve, M., Kivimäki, A.-L. & Lahti, K. (2006). Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta. Suomen ympäristökeskus.

<http://hdl.handle.net/10138/38828>

Opetushallitus. (n.d.). Laboratorioanalyysit, analyysimenetelmät, atomiabsorptiospektrometria. Haettu 18.3.2021 osoitteesta

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat_5-3_atomiabsorptiospektrometria.html

Pizzi, N.G. (2010). Water treatment. 4th edition. American Water Works Association.

Purolite. (n.d.). The basics of resin regeneration. Haettu 2.4.2021 osoitteesta

<https://www.purolite.com/about-us/what-is-regeneration>

SAMCO. (2017). What is ion exchange resin and how does it work? Haettu 2.4.2021 osoitteesta

<https://www.samcotech.com/ion-exchange-resin-work-process/>

SFS 3003, Veden kalsiumin ja magnesiumin summan määrittäminen. Titrimetrinen menetelmä. (1987). Suomen standardisoimisliitto.

Singh, R. (2014). Membrane technology and engineering for water purification: application, systems design and operation. 2nd edition. Elsevier Science & Technology.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 17.11.2015/1352 muutoksineen. Haettu 30.3.2021 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20151352>

Spellman, F. R. (2020). Handbook of water and wastewater treatment plant operations. 4th edition. CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/9781003038351>

Suomen ympäristökeskus. (2019a). Pohjaveden esiintyminen ja muodostuminen. Haettu 1.4.2021 osoitteesta

https://www.ymparisto.fi/fi-fi/Vesi/Pohjavesien_tila/Pohjaveden_esiintyminen

Suomen ympäristökeskus. (2019b). Pohjaveden laatu. Haettu 1.4.2021 osoitteesta

https://www.ymparisto.fi/fi-fi/Vesi/Pohjavesien_tila/Pohjaveden_laatu

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (2020). Kaivovedessä luonnostaan esiintyvät kemialliset aineet. Haettu 5.4.2021 osoitteesta

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/kaivovesi/kaivoveden-kemiallinen-laatu/kaivovedessa-luonnostaan-esiintyvät-kemialliset-aineet>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (2021). Talousvesi. Haettu 29.3.2021 osoitteesta

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi>

Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763 muutoksineen. Haettu 30.3.2021 osoitteesta

<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>

Ulvilan kaupunki. (n.d.a). Talousveden käsittely ja jakelu. Haettu 9.4.2021 osoitteesta

<https://www.ulvila.fi/palvelut-ja-asuminen/tekniset-palvelut/vesilaitos/talousveden-kasittely-ja-jakelu/>

Ulvilan kaupunki. (n.d.b). Talousveden laatu. Haettu 9.4.2021 osoitteesta

<https://www.ulvila.fi/palvelut-ja-asuminen/tekniset-palvelut/vesilaitos/talousveden-laatu/>

Valtonen, J. (6.4.2021). Ulvilan vesilaitoksen vesihuoltoinsinööri Jukka Valtosen sähköposti Jesse Kirjavaiselle.

Valvira. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. (2020a). Talousvesiasetuksen soveltamisohje. Osa 2. Viitattu 30.3.2021.

https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen_soveltamisohje_osa_2.pdf/ba3128f8-8697-8132-9834-65a2920a3492

Valvira. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. (2020b). Talousvesiasetuksen soveltamisohje. Osa 3. Viitattu 30.3.2021.

https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen_soveltamisohje_osa_3.pdf/b9faedd0-cd83-fd94-09e2-452e7e7ee123

Taulukko 4. Laatusuosituksset		
Muuttuja	Arvo ja yksikkö	Huomautukset
<i>Mikrobiologiset muuttujat (tavoitetaso)</i>		
Koliformiset bakteerit ¹	0 pmy/100 ml	(B ja 1)
<i>Clostridium perfringens</i>	0 pmy/100 ml	(A, 1 ja 2)
Pesäkkeiden lukumäärä (22°C) ¹	ei epätavallisia muutoksia	(B ja 3)
<i>Veden laadun yleisindikaattorit (tavoitetaso)¹</i>		
(B)		
Haju ja maku	ei epätavallisia muutoksia ja käyttäjien hyväksyttävissä	
Väri	ei epätavallisia muutoksia ja käyttäjien hyväksyttävissä	
<i>Veden syövyttävyyteen vaikuttavat muuttujat (tavoitetaso)</i>		
pH	6,5–9,5	(A, 4 ja 5)
<i>Veden syövyttävyyteen vaikuttavat muuttujat (suurin hyväksyttävissä oleva pitoisuus)</i>		
(B ja 4)		
Kloridi	25 mg/l	(4)
Sulfaatti	150 mg/l	(4)
Sähkönjohtavuus	alle 2 500 µS/cm	(4 ja 6)
<i>Muut muuttujat, joihin vedenkäsittely voi vaikuttaa merkittävästi (suurin hyväksyttävissä oleva pitoisuus)</i>		
(A)		
Alumiini	200 µg/l	
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,50 mg/l	
Natrium	200 mg/l	
<i>Muuttujat, joihin kiinteistön vesilaitteisto voi vaikuttaa merkittävästi (tavoitetaso)</i>		
(B)		
Lämpötila	alle 20 °C	(7)
Sameus ²	ei epätavallisia muutoksia ja käyttäjien hyväksyttävissä	(3 ja 8)
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) ²	ei epätavallisia muutoksia	(3)
<i>Muuttujat, joihin kiinteistön vesilaitteisto voi vaikuttaa merkittävästi (suurin hyväksyttävissä oleva pitoisuus)²</i>		
(B)		
Hapettavuus (COD _{Mn} -O ₂)	5,0 mg/l	
Mangaani	50 µg/l	
Rauta	200 µg/l	
¹ Myös kiinteistön vesilaitteisto voi vaikuttaa näihin muuttujiin.		
² Myös vedenkäsittely voi vaikuttaa näihin muuttujiin.		

Näytteenottoa koskevat huomautukset

- A) Näyte voidaan tutkia vaatimusten täyttymiskohdan sijasta laitokselta lähtevästä vedestä tai verkostosta.
 B) Näyte on tutkittava vaatimusten täyttymiskohdasta.

Muut huomautukset

- 1) Tavoitetason ylittyminen edellyttää aina jatkotutkimuksia veden mikrobiologisesta laadusta ja talousveden mahdollisen saastumisen selvittämistä.
- 2) Mitataan, jos vesi on otettu pintavesimuodostumasta tai pintavesi vaikuttaa veteen. Tulokseen lasketaan mukaan myös itiöt.
- 3) Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi asettaa muuttujalle vedenjakelualuekohtaisen enimmäisarvon toimitetun veden pitoisuuden vaihtelun ja pitkän aikavälin kehityssuunnan perusteella.
- 4) Vesi ei saa olla syövyttävää. Muuttujan arvo on asetettu vesijohtomateriaalien syöpmisen ehkäisemiseksi. Syövyttävyys riippuu eri muuttujien välisistä suhteista, eikä syövyttävyyttä voi arvioida vain yhden muuttujan perusteella. Taulukossa esitettyjen muuttujien lisäksi veden syövyttävyyteen voivat vaikuttaa myös muut muuttujat, kuten veden alkaliteetti, kovuus sekä hapi ja kalsiumpitoisuus.
- 5) pH:n terveysterveinen enimmäisarvo (laatuvaatimus) on 9,5. pH ei saa ylittää tätä arvoa.
- 6) Pitoisuudella tarkoitetaan muuttujan arvoa 20 °C lämpötilassa.
- 7) Lämpötila mitataan yhden minuutin veden juoksutuksen jälkeen.
- 8) Pintaveden käsittelylaitokselta lähtevän veden sameudessa tulisi pyrkiä arvoon alle 1 NTU.



TESTAUSSELOSTE
 #T alousvesi
 15.10.2019

19-24159 1 (4)
 #1

Ulvilan kaupunki
 Vesilaitos
 PL 77
 28401 ULVILA



Tilausno 378373 (80ULVILA/Verkosto), saapunut 1.10.2019, näytteet otettu 1.10.2019
 Näytteenottaja: Terv.tark. Anne Vuohijoki

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
69315	Satamaito, jaksottainen
69316	Lähtevä vesi

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	69315	69316	STM1352/15
*Escherichia coli	pmy/100 ml	0		<1 (v)
*Koliformiset bakteerit	pmy/100ml	0		<1 (t)
*Suolistop. enterokokit	pmy/100ml	0		<1 (v)
*Heterotrofinen pesäkeluku 22°C	pmy/ml	1		
Haju		Ei todettu		
Maku		Ei todettu		
*pH		7,6		»9,5, »6,5 (l)
*Väriiluku	mg/l PT	8		
*Sähkönjohtavuus (25°C)	µS/cm	397		<2500 (t)
*Sameus	NTU	0,60		
*Hapettavuus(CODMn-O2)	mg/l O2	0,85		<5 (t)
*Bromaatti	µg/l	<3		<10 (v)
*Fluoridi	mg/l	0,24		<1,5 (v)
*Kloridi	mg/l	17		<250 (t)
*Sulfaatti	mg/l	49		<250 (t)
*Ammonium	mg/l	0,008		<0,5 (t)
*Nitriitti	mg/l	<0,007	<0,007	<0,5 (v)
*Nitraatti	mg/l	1,5		<50 (v)
*Rauta	µg/l	93		<200 (t)
*Mangaani	µg/l	23		<50 (t)
*Alumiini	µg/l	<10		<200 (t)
*Arseeni	µg/l	<0,1		<10 (v)
*Elohopea, Hg	µg/l	<0,005		<1 (v)
*Kadmium	µg/l	<0,08		<5 (v)
*Kromi	µg/l	<2		<50 (v)
*Kupari	mg/l	<0,0008		<2 (v)
*Lyijy	µg/l	<0,1		<10 (v)
*Natrium	mg/l	28		<200 (t)
*Nikkeli	µg/l	0,86		<20 (v)
Torjunta-aineet GC+LC		Todettu		<0,5 (v)

HARJAKANKAAN TEKOPOHJAVESILAITOS KÄYTTÖTARKKAILU 2019

VEDEN LAATU		Raakavesi			Lähtevä puhdas vesi			Verkostovesi		
		Tutkimusten lukumäärä	Ka	Suurin arvo	Tutkimusten lukumäärä	Ka	Suurin arvo	Tutkimusten lukumäärä	Ka	Suurin arvo
Kokonaispesäkeluku	kpl/ml							159	<1	12
Lämpötila	°C							163	10,9	19,4
Permanganaattiluku	KMnO ₄ mg/l	50	38,8	44	148	4,4	6,3	160	4,3	5,9
CODMn	mgO/l	39	9,8	11,2	148	1,1	1,6	160	1,1	1,5
pH		39	6,3	6,6	148	7,9	8,8	160	8,2	8,8
Sähköjohtavuus	µS/cm	39	69	76	148	162	196	160	167	191
Sameus	FTU	39	1,7	3,09	148	0,14	0,26	160	0,15	0,72
Väri	Pt mg/l	40	60,1	80	148	2,5	2,5	160	2,5	5
Kok. kovuus	°dH	39	1,3	1,7	148	3,6	4,2	160	3,7	4,5
Kok. kovuus	mmol/l	39	0,23	0,3	148	0,64	0,74	160	0,65	0,8
Alkaliteetti	mval/l	39	0,17	0,25	148	0,8	1,07	155	0,83	1,04
Rauta	mg/l	39	0,6	0,81	148	0,017	0,04	160	0,032	0,62
Mangaani	mg/l	39	0,06	0,16	148	0,023	0,07	160	0,021	0,07
Alumiini	mg/l	39	0,078	0,18	43	0,015	0,03			
Vapaa kloori	mg/l				148	0,42	0,51			
Happi	mg/l	38	8,1	10,8	38	6,9	9			

Vesitutkimukset teki Porin Veden Harjakankaan käyttölaboratorio

